



①9 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

⑫ Offenl gungsschrift
⑩ DE 195 23 229 A 1

⑥1 Int. Cl.®:
B 25 J 15/08
G 12 B 1/00
// H05K 1/18, H01L
21/68, G02B 6/38

②1 Aktenzeichen: 195 23 229.1
②2 Anmeldetag: 27. 8. 95
④3 Offenlegungstag: 2. 1. 97

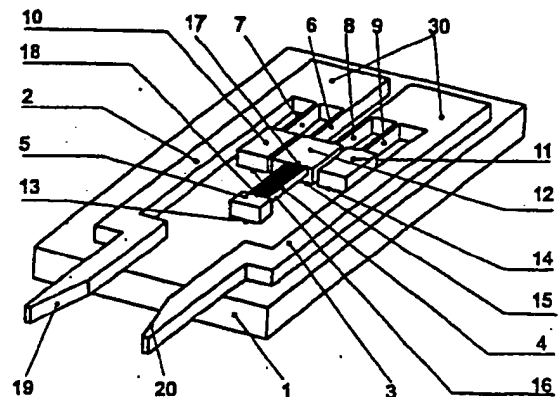
DE 195 23 229 A 1

⑦1 Anmelder:
Salim, Riad, Dipl.-Ing., 98693 Ilmenau, DE

⑦2 Erfinder:
gleich Anmelder

⑤A Mikrogreifer für die Mikromontage

⑥7 Dem Einsatz klassischer Greifsysteme in der Mikromontage stehen die Abmaße der Gesamtsysteme, die Gestaltung und Sensibilisierung von Greifwerkzeugen entgegen. Lineare Verkleinerung herkömmlicher Greifer kann nicht erfolgen, da die geforderten Greifsysteme selbst mikrotechnische Systeme darstellen. Der neue Mikrogreifer soll durch seine Eigenschaften, wie Integration sensorischer Fähigkeit, Abmaße und verlust- und spielfreie Bewegungsübertragung eine neue Lösung für die Mikromontage realisieren. Der Mikrogreiferkörper (30) ist aus Silizium und zusammen mit einem Piezotranslator (4) auf einem Substrat (1) befestigt. Bei Längenänderung des Piezotranslators (4) verformen sich die elastischen Biegeelenke (6, 7 und 8, 9) und leiten die Bewegung weiter. Dadurch bewegen sich die Greifarme (2, 3) auseinander bzw. zueinander. Diese Bewegung dient dem Greifen eines Elementes zwischen den Greifflächen (19, 20). Der Mikrogreifer ist besonders für Greifen, Erfassen und Handhaben von mikrooptischen, beispielsweise Lichtwellenleitern und kubischen Mikrolinsen, mikroelektronischen, wie Chipbauteilen, mikromechanischen und dergleichen Bauteilen geeignet.



DE 195 23 229 A 1

Die Erfindung betrifft einen Mikrogreifer für die Mikromontage entsprechend dem Oberbegriff von Anspruch 1.

Der Mikrogreifer ist besonders für Greifen, Erfassen und Handhaben von mikro-optischen, mikroelektronischen, mikromechanischen und dergleichen Bauteilen geeignet. Greifer und Handhabungsroboter hoher Flexibilität und Zuverlässigkeit sind in der Elektronik und in vielen Gebieten des Maschinenbaus in breitem Einsatz. Aber dem Einsatz solcher herkömmlicher Greifsysteme in Mikrosystemen, Mikrohandling, Mikromontage und Mikrofügetechnik stehen sowohl die Abmaße der Gesamtsysteme als auch die Gestaltung, Steuerung und Sensibilisierung von Greifwerkzeugen entgegen. Eine lineare Verkleinerung klassischer Greifer kann nicht mehr erfolgen, da die geforderten Greifsysteme selbst mikrotechnische Systeme darstellen. Deshalb muß nach neuen Lösungen auf mikrotechnischer Basis gesucht werden. Einen weiteren besonderen Schwerpunkt der Entwicklung von Greifsystemen stellt die Integration sensorischer Fähigkeiten dar.

Aufgabe der Erfindung ist, auf mikrotechnischer Basis einen Mikrogreifer zu entwickeln, der durch seine Eigenschaften, wie Integration sensorischer Fähigkeit, Abmaße, Materialeigenschaften und verlust- und spielfreie Bewegungsübertragung eine neue Lösung für den Einsatz von Mikrogreifern in der Mikromontage darstellt. Diese Aufgabe wird durch einen Mikrogreifer mit den Merkmalen von Anspruch 1 gelöst. Die weiteren Ansprüche geben vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung an.

Die Erfindung wird im folgenden anhand von Figuren erläutert.

Fig. 1 zeigt vereinfacht eine perspektivische Ansicht des Mikrogreifers

Fig. 2 zeigt in übertriebener Darstellung einen Mikrogreifer, wobei hier die Bewegung einschließlich der Greiffunktion veranschaulicht wird.

Fig. 3 zeigt ein Ausführungsbeispiel mit vorteilhaften Eigenschaften.

In Fig. 1 ist vereinfacht ein Mikrogreifer perspektivisch dargestellt. Der Mikrogreiferkörper 30 ist aus Silizium hergestellt und zusammen mit einem Piezotranslator 4, der als monomorpher Antrieb dient, auf einem Substrat 1, etwa Siliziumwafer, so befestigt, daß sich bei einer Längenänderung des Piezotranslators 4, hervorgerufen durch Anlegen elektrischer Spannung, die Kraftübertragungsstellen, die gezielt so konstruiert sind, daß sie als elastische Biegegelenke (6, 7 und 8, 9) dienen, elastisch verformen und dadurch die Kräfte bzw. die Bewegung mit einem bestimmten Übersetzungsverhältnis weiterleiten, so daß sich die Greifarme 2, 3 auseinander bzw. zueinander (bei der Rückstellung) bewegen. Diese Bewegung dient dem Greifen eines Elementes, das sich zwischen den beiden Greifflächen 19, 20 befindet.

Die Herstellung eines nach diesem Prinzip funktionierenden Mikrogreifers kann wie folgt realisiert werden: Silizium ist aufgrund seiner mechanischen Eigenschaften oftmals neben Glas das Basismaterial mikromechanischer Bauelemente. Da die Streckungsgrenze mit der Bruchspannung zusammenfällt, d. h. es treten keine plastische Verformungen auf, ist Silizium durch Hysteresefreiheit und Alterungsbeständigkeit als mechanischer Werkstoff ausgezeichnet einsetzbar. Diese vorteilhaften Eigenschaften werden hier für die Herstellung des Mi-

krogreifers eingesetzt.

Aus einem beidseitig polierten (100)-Siliziumwafer mit 240 µm Dicke wird die Greiferstruktur 30 mittels den bekannten Strukturierungsprozessen, Lithographie und anisotropes Ätzen herausgearbeitet, wobei hier der Siliziumwafer von beiden Seiten bearbeitet wird, bis eine Durchätzung erfolgt ist. Die auf diese Weise gewonnene Greifstruktur besitzt einen sechseckigen Querschnitt, bedingt durch die Kristallorientierung des Siliziums.

Anschließend wird die Greiferstruktur 30 auf dem Siliziumsubstrat 1 angebracht und mittels Spezialkleber oder Bonden so befestigt, daß nur die gemeinsamen Berührungsflächen (14, 16) zwischen dem Substrat 1 und den Strukturteilen 10 und 12 geklebt bzw. gebondet werden. Der Rest der Greifstruktur 30 bleibt in Berührung mit dem Substrat 1 ist aber entlang der gemeinsamen Berührungsfläche axial verschiebbar.

Der Piezotranslator 4 der Dicke 200 µm wird durch Bonden oder durch speziellen Kontaktkleber kontaktiert und an seine Stirnfläche 17 mit der Stirnfläche des Strukturteils 12 waagrecht mit Spezialkleber geklebt. Das zweite Ende 18 des Piezotranslators 4 wird an einem Befestigungsteil 5, etwa aus Silizium, über der gemeinsamen Fläche 18 geklebt. Teil 5 wird auf dem Siliziumwafer 1 nachträglich mittels Bonden oder Kleben der gemeinsamen Berührungsfläche 13 befestigt.

Fig. 2 zeigt in übertriebener Darstellung einen Mikrogreifer, an dem die Funktionsweise verdeutlicht wird.

Durch Anlegen einer elektrischen Spannung erfährt der Piezotranslator 4 eine Längenänderung und zieht sich zusammen (in diesem betrachteten Fall). Über das Strukturteil 12, das mit dem Piezotranslator in Bewegung gesetzt wird, werden die Kräfte weiter an die Teile 6, 7 und 8, 9 übertragen. In diesen Teilen entstehen mechanische Spannungen, die kleine lokale elastische Deformationen verursachen. Diese Strukturteile sind so konstruiert, daß sie sich unter mechanischer Spannung, die weit unter der Bruchspannung von Silizium liegt, elastisch verformen. Das bedeutet, daß die kleinen elastischen Deformationen im elastischen Bereich bleiben (Hooksches Gesetz). Die Auslenkung bzw. die Bewegung der Greiffläche 19, 20 der Greiferarme 2, 3 ist über ein Übersetzungsverhältnis, das von der Länge der Greiferarme sowie vom Abstand zwischen 6 und 7 bzw. 8 und 9 abhängt, ermittelbar. Ebenfalls lassen sich aufgrund der Hysteresefreiheit des Siliziums die Greifkräfte ermitteln.

Fig. 3 zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel, das weitere vorteilhafte Eigenschaften besitzt.

Die Biegegelenke 6, 7, 8, 9 haben hier eine andere Form, die bessere elastische Eigenschaften besitzt. Durch die Abdünnung wird die Elastizität dieser elastischen Gelenke erhöht.

Eine weitere vorteilhafte Eigenschaft dieses Beispiels ist, daß die Greifarme 2, 3 mit elektrischen Leitungen 25, die als Zuleitung für elektronische Sensorkomponenten 31, 33 auf der Oberfläche der Greifbacken dienen, versehen sind. Die unter 26 bezeichneten Teile dienen der Kontaktierung des Piezotranslators. Das Beispiel in Fig. 3 besitzt noch den Vorteil, daß die Greifbacken 27, 28 mit Formelementen 29 ausgestattet sind. Das Teil 29 kann aus Silizium durch anisotropes Ätzen hergestellt werden. Eine solche Anordnung ist für das Greifen bzw. Klemmen von Lichtwellenleitern (LWL) geeignet.

Der wesentliche Vorteil des erfindungsmäßigen Mikrogreifers besteht in dessen Herstellung aus Silizium.

Dadurch ist die Möglichkeit der Integration anderer mikrotechnischer Elemente sowie die sensorische Fähigkeit gewährleistet. So ist es möglich, piezoelektrische Schichten, z. B. piezoresistive, an den Greifflächen zu integrieren, um die Greifkraft in ein elektrisches Signal umzuwandeln und dadurch kann die Greifkraft an das zu greifende Element angepaßt werden.

In dem hier entwickelten Mikrogreifer werden die mechanischen Eigenschaften von Silizium genutzt. Die mechanischen Eigenschaften von Silizium, die teilweise denen von Stahl nachkommen, werden hier eingesetzt, um verlustfreie Rückstellung der Greiferbacken, durch die Elastizität der Biegegelenke zu erreichen. Durch die vorteilhafte Anordnung von Piezotranslator und Greiferstrukturen folgt die Kraftübertragung spielfrei und ohne Verluste, d. h. die vom Piezotranslator verursachte Auslenkung der Greiferbacken ist gleich aber entgegengesetzt der Auslenkung, die durch die Rückstellkraft der Biegegelenke entsteht.

Ein weiterer Vorteil des erfindungsmäßigen Mikrogreifers besteht darin, daß es möglich ist, in den selben Herstellungsschritten weitere Formelemente zu realisieren, wie pyramidenförmige Vertiefungen, V-Nut oder definierte Strukturen auf die Greifbacken, die zum Greifen durch Formschluß oder zum Anbringen weiterer sensorischer Elemente dienen können.

Die Greiferbacken bilden durch die günstige planare Anordnung der Greiferstrukturen ein Gehäuse für das Piezoelement, das so plaziert ist, daß es keinen zusätzlichen Platz außerhalb des Mikrogreiferkörpers in Anspruch nimmt und dadurch eine kompakte Bauform möglich ist.

Eine weitere vorteilhafte Eigenschaft ist, daß durch die Technologie und Herstellungsverfahren, mit denen der Mikrogreifer hergestellt wird, wie beispielsweise Ätzen, es möglich ist, verschiedene Mikrogreifer herzustellen, die sich in Hinsicht auf Abmaße, Form und Greifkräfte an das zu manipulierende Element anpassen.

Durch die vorteilhafte Anordnung von Mikrogreifer und Piezotranslator ist es möglich, die Greiferstrukturen mit Leiterbahnen z. B. für die Sensorik zu versehen, ohne daß die Leiterbahnen beim Greifen mechanisch beansprucht werden, da sie sich auf der Oberfläche befinden, in der keine Deformationen stattfinden.

Patentansprüche

1. Mikrogreifer für die Mikromontage, bestehend aus
 - a) einem Substrat,
 - b) einem aus Silizium mikrotechnisch hergestellten Mikrostrukturkörper, der seinerseits aus b1) elastisch verformbaren Biegegelenken und
 - b2) zwei Abtriebsgliedern, die die Greiferarme bilden, besteht und
 - c) einem Piezotranslator, der als monomorpher Antrieb angeordnet ist,
 dadurch gekennzeichnet, daß der Mikrostrukturkörper (30) zusammen mit dem Piezotranslator (4) auf dem Substrat (1) derart befestigt ist, daß sich bei einer Längenänderung des Piezotranslators (4), hervorgerufen durch Anlegen einer elektrischen Spannung, die Kraftübertragungsstellen, die gezielt so konstruiert sind, daß sie als Biegegelenke (6, 7, 8, 9) dienen, elastisch verformen und dadurch die Kraft bzw. die Bewegung mit einem bestimmten

Übersetzungsverhältnis an den Abtriebsgliedern (Greiferarmen) (2, 3) so übertragen, daß sich die Greiferarme (2, 3) auseinander bzw. zueinander bewegen.

2. Mikrogreifer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Greifbacken (27, 28) mit V-Nut-Formelement (29) versehen sind.

3. Mikrogreifer nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Greifbacken (27, 28) mit sensorischen Komponenten (31, 32) ausgestattet sind.

4. Mikrogreifer nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Greifflächen mit piezoelektrischem Material beschichtet sind, durch das die Greifkräfte in elektrische Signale umgewandelt werden.

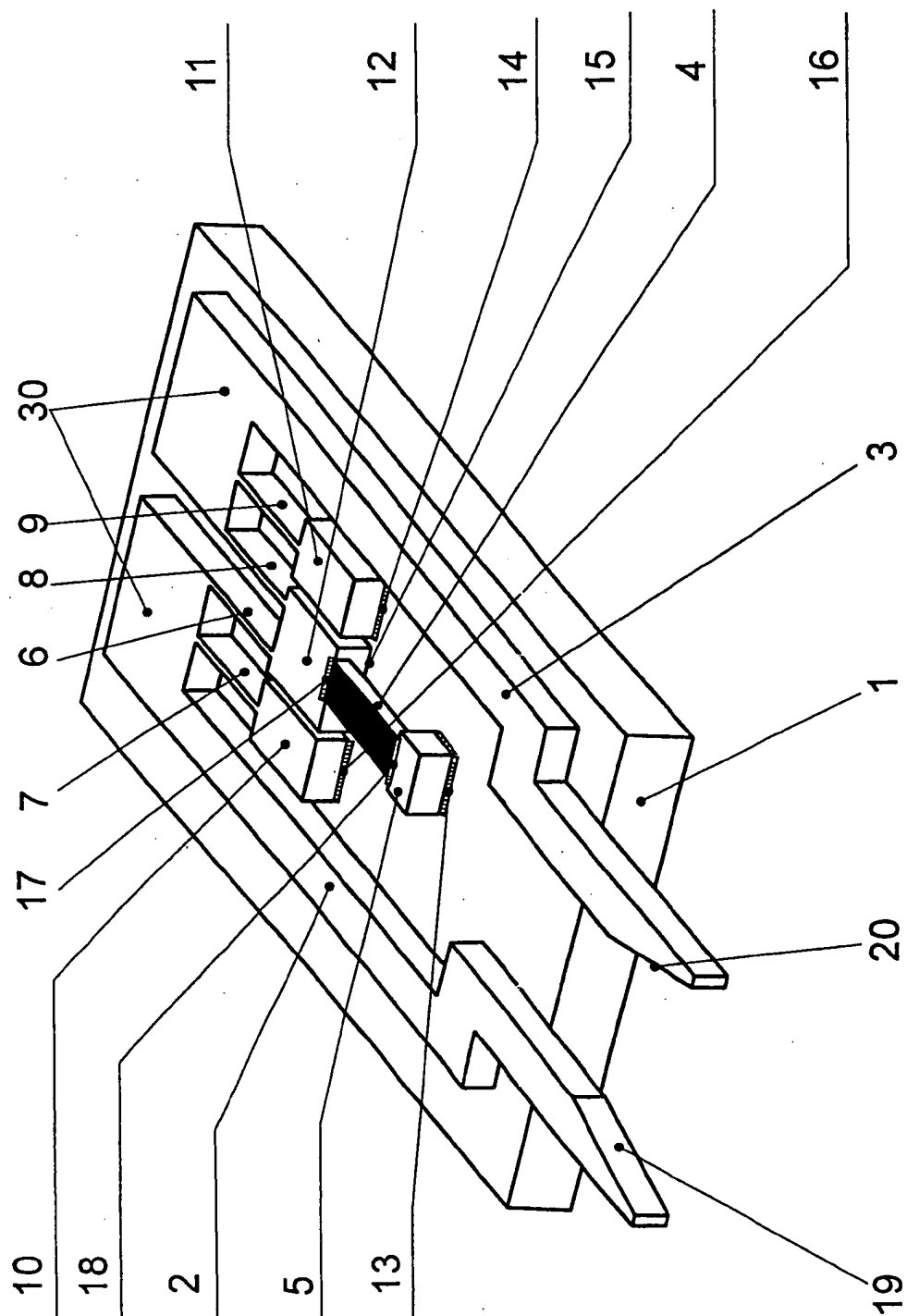
5. Mikrogreifer nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß die Greifarme (2, 3) mit elektrischen Leiterbahnen versehen sind.

6. Mikrogreifer nach einem der bisherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Substrat (1) aus Silizium ist.

7. Mikrogreifer nach einem der bisherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß der Piezotranslator zwischen den beiden Greiferarmen (2, 3) angeordnet ist.

8. Mikrogreifer nach einem der bisherigen Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß die Biegegelenke (6, 7, 8, 9) sechseckigen Querschnitt besitzen.

Hierzu 3 Seite(n) Zeichnungen



Figur Nr.1 *

Federal Republic of Germany
German Patent Office

Document laid open to public inspection
DE 195 23 229 A1

B 25 J 15/08

Ref. no.: 195 23 229.1
Application date: 06/27/95
Disclosure date: 01/02/97

Applicant: Selim, Riad, Dipl.-Ing., 96893 Ilmenau, DE

Inventor: Same as applicant

Microgripper for microassembly with substrate and microstructure body

The use of conventional gripper systems in microassembly is unfeasible due to the overall dimensions of the systems as well as the design, control and sensibilization of the gripping tools. A linear miniaturization of classic grippers is no longer possible, because the required gripper systems are microsystems themselves. The new microgripper will provide a new solution in the field of microassembly thanks to its properties such as the integration of sensory capabilities, its dimensions and as well as a motion transfer which is free from loss and play.

The microgripper body (30) is made of silicone and, together with a piezotranslator (4), is attached to a substrate (1). When the piezotranslator (4) changes its length, the bending joints (6, 7, and 8, 9), deform elastically and transfer the motion. As a result, the gripper arms 2, 3 move away from or toward each other. This motion is used to grip an element located between the gripping surfaces (19, 20).

The microgripper is especially suitable for gripping, seizing and handling of microoptical components, such as fiber optic cables or cubic microlenses, microelectronic components, such as chip components, as well as micromechanical and similar components.

Description

The invention relates to a microgripper for microassembly according to the characterizing clause of claim 1.

The microgripper is especially suitable for gripping, seizing and handling of microoptical, microelectronic, micromechanical and similar components. Highly flexible and reliable grippers and handling robots are widely used in electronics and many areas of mechanical engineering. However, the use of such conventional gripper systems in microsystems, microhandling, microassembly and microjoining is unfeasible due to the overall dimensions of the systems as well as the design, control and sensibilization of the gripping tools. A linear miniaturization of classic grippers is no longer possible, because the required gripper systems are microsystems themselves. Thus, solutions based in microtechnology must be sought. The integration of sensory capabilities is another focal point in the development of gripper systems.

It is the task of the invention to develop a microgripper on a microtechnological basis which due to its characteristics such as the integration of sensory capabilities, dimensions, material properties as well as a motion transfer that is free from loss and play will constitute a new solution for the application of microgrippers in the field of microassembly. This task is solved by the invention by a microgripper with the characteristics of claim 1. Advantageous embodiments of the invention are provided in the subclaims.

Below, the invention shall be explained with the aid of drawings.

Fig. 1 shows a simplified perspective view of the microgripper.

Fig. 2 shows an exaggerated view of the microgripper illustrating the motion including the gripping function.

Fig. 3 shows an exemplified embodiment with advantageous characteristics.

Fig. 1 shows a simplified perspective view of the microgripper. The microgripper body 30 is made of silicone and, together with a piezotranslator 4 serving as a monomorphic drive, is attached to a substrate 1, for instance a silicone wafer, in such a fashion that when the piezotranslator 4 changes its length as a result of a voltage being applied, the power transfer points, which are specifically designed so as to serve as bending joints (6, 7, 8, and 9), are elastically deformed as a result. The force or the motion is thus transferred with a certain translation ratio, so that the gripper arms 2, 3 move away from each other or move together (when retracting). This motion is used to grip an element located between the two gripping surfaces 19, 20.

A microgripper working in accordance with this principle can be manufactured as follows: Due to its mechanical properties, silicon, next to glass, is often used as the base material for micromechanical components. As the stretching limit coincides with the breaking stress, i.e. there is no plastic deformation, silicone is an excellent mechanical material with no hysteresis

and resistant to aging. These advantageous properties are used here in the manufacture of the microgripper.

From a bilaterally polished (100) silicon wafer with a thickness of 240 μm , the gripper structure 30 is prepared by means of known structuring processes, lithography and anisotropic etching; the silicon wafer is processed on both sides until it is etched through. The gripper structure obtained in this fashion has a hexagonal cross-section due to the crystal orientation of silicon.

Subsequently, the gripper structure 30 is placed on a silicon substrate 1 and attached by special adhesive or bonding in such a fashion that only the shared contact surfaces (14, 16) between the substrate 1 and the structural parts 10 and 12 are glued or bonded. The remainder of the gripper structure 30 remain in contact with the substrate 1, but can be repositioned axially along the shared contact surface.

The piezotranslator 4 with a thickness of 200 μm is contacted by bonding or with special contact adhesive and glued horizontally at its face surface 17 to the face surface of the structural part 12. The second end 18 of the piezotranslator 4 is glued to a mounting part 5, made for example of silicon, via their shared surface 18. Next, part 5 is attached to the silicon wafer 1 by bonding or gluing of the shared contact surface 13.

Fig. 2 shows an exaggerated view of the microgripper clarifying the mode of operation of the microgripper.

When a voltage is applied, the piezotranslator 4 changes its length and (in the case at hand) contracts. Via the structural part 12, which is set into motion together with the piezotranslator 4, the forces are transferred to the parts 6, 7 and 8, 9. Mechanical stress occurs in these parts causing a small local elastic deformation. The structural parts are designed in such a fashion that they deform elastically under mechanical stress which is far below the breaking stress of silicon. This means that the small elastic deformations remain in the elastic range (Hook's law). The deflection, or motion, of the gripping surface 19, 20 of the gripper arms 2, 3 can be determined by means of a translation ratio which depends on the length of the gripper arms and the distance between 6 and 7 or 8 and 9. As there is no hysteresis, the gripping force can be determined as well.

Fig. 3 shows an exemplified embodiment having further advantageous characteristics.

The bending joints 6, 7, 8, 9 have a different form here with better elastic properties. The elasticity of these elastic joints has been increased by thinning.

A further advantageous characteristic of this example is that the gripper arms 2, 3 are equipped with electrical wires 25 serving as feed lines for the electronic sensor components 31, 33 on the surface of the gripping jaws. The parts identified as 26 are for contacting the piezotranslator. The example in Fig. 3 has also the advantage that the gripping jaws 27, 28 are equipped with forming elements 29. The part 29 can be manufactured of silicon by anisotropic etching. Such an arrangement is suitable for the gripping or clamping of fiber optic cables.

The essential advantage of the microgripper according to the invention is the fact that it is manufactured of silicon. This ensures the integration of other microtechnical elements as well as the sensory capabilities. It is thus possible to provide piezoelectric layers, for example piezoresistive layers, on the gripping surfaces by means of which the gripping force can be converted into electrical signals and thus the gripping force can be adjusted to the element to be gripped.

The microgripper developed here uses the mechanical properties of silicon. The mechanical properties of silicon, which are partially similar to those of steel, are used here in order to achieve a loss-free retraction of the gripping jaws through the elasticity of the bending joints. Due to the advantageous arrangement of the piezotranslator and gripper structures, the force transfer is loss-free and play-free, i.e. the deflection of the gripping jaws caused by the piezotranslator is equal but reversed to the deflection occurring due to the restoring force of the bending joints.

A further advantage of the microgripper according to the invention consists in the fact that it is possible to realize other forming elements in the same manufacturing steps, such as pyramidal recesses, V-shaped notches or defined structures on the grooves which can serve for gripping by form fitting or for attaching further sensory elements.

Due to their advantageous planar arrangement, the gripping jaws form a housing for the piezo element which is placed in such a fashion that it does not use any additional space outside the microgripper body and thus allows for a compact design.

A further advantage is that with the technology and manufacturing processes used in the production of the microgripper, such as etching, it is possible to produce various microgrippers and adjust them to the element to be manipulated with regard to dimensions, form and gripping force.

Due to the advantageous arrangement of the microgripper and the piezotranslator it is possible to equip the gripping structures with conductor paths, without the conductor paths being subject to mechanical stress during gripping, since they are located on the surface where no deformation occurs.

Claims

1. Microgripper for microassembly, consisting of

- a) a substrate,
- b) a microstructure body made of silicon, which itself consist of
 - b1) elastically deformable bending joints and
 - b2) two drive elements forming the gripper arms, and
- c) a piezotranslator provided as a monomorphic drive,

characterized by the fact that the microstructure body (30), together with a piezotranslator (4), is attached to a substrate (1) in such a fashion that when the piezotranslator (4) changes its length as a result of a voltage being applied, the power transfer points, which are specifically designed so as to serve as bending joints (6, 7, 8, 9), are elastically deformed as a result and the force or the movement is thus transferred with a certain translation ratio to the drive elements (gripper arms) (2, 3), so that the gripper arms 2, 3 move away from each other or move together.

2. Microgripper according to claim 1, characterized by the fact that the gripping jaws (27, 28) are equipped with a V-notch forming element (29).

3. Microgripper according to claim 2 characterized by the fact that the gripping jaws (27, 28) are equipped with sensory components (31, 32).

4. Microgripper according to claim 1, characterized by the fact that the gripping surfaces are coated with a piezoelectric material, by means of which the gripping forces are converted into electrical signals.

5. Microgripper according to one of the claims 1 to 4, characterized by the fact that the gripper arms (2, 3) are equipped with conductor paths.

6. Microgripper according to one of the previous claims, characterized by the fact that the substrate (1) is made of silicon.

7. Microgripper according to one of the previous claims, characterized by the fact that the piezotranslator is arranged between the two gripper arms (2, 3)

8. Microgripper according to one of the previous claims, characterized by the fact that the bending joints (6, 7, 8, 9) have a hexagonal cross-section.